

# ПРИСТРОЇ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В РОБОТАХ ФІЗИЧНОГО ПРАКТИКУМУ

**Віктор ВОВКОТРУБ**

Експериментальне вивчення фізичних основ будови і дії пристроїв електроніки – важливий чинник формування цілісних уявлень про будову і дію обчислювальної техніки.

The experimental study of physical bases of structure and action of devices of electronics is the important factor of forming of integral pictures of structure and action of the computing engineering.

Розвиток науково-технічного прогресу постійно вносить корективи до змісту навчальних курсів, зокрема, політехнічного і прикладного матеріалу. Так в шкільному курсі фізики замість парової машини вивчають газові турбіни, замість сонячних бань – сонячні батареї тощо.

Засоби автоматики і електронно-обчислювальної техніки стрімко і широко впроваджуються у всі галузі діяльності людини, зокрема, і в навчально-виховний процес. Впровадження комп'ютерно-орієнтованих засобів навчання ґрунтується на спеціально створених програмно-педагогічних засобах (ППЗ). Для навчального експерименту не мають альтернативи такі ППЗ, «які можуть бути використані для дослідження фізичних явищ у спеціальним чином сформованих візуально-моделюючих середовищах (ППЗ ВМ)» [2, с. 234]. Разом з тим ергономічний підхід визначає реалізацію важливого дидактичного принципу наочності через читабельність – легке і швидке розпізнання учнями (студентами) складових експериментальної установки [3]. «Нині змінився зміст речення «вивчення ЕОМ в школі». Якщо раніше розумілось одержання знань про те, що можуть виконувати ЕОМ, де їх можна застосовувати, то нині вирізняється і вивчення того, як діють ЕОМ» [4. с. 3].

Комплексне поєднання навчальної експериментальної установки і персонального комп'ютера неможливе без використання обов'язкового модуля – пристроїв вводу-виводу. Формування цілісних уявлень про будову і дію ЕОМ, реалізація принципу наочності через читабельність свідчать про необхідність і доцільність наведення

відповідних відомостей в процесі навчання фізики, зокрема і експериментального відображення.

До програм практикуму старшої школи нами запропоновано завдання щодо ознайомлення учнів з принципами дії і будови пристроїв перетворення аналогової інформації в цифрову і навпаки [1]. Основних пристроїв два: аналого-цифровий і цифро-аналоговий перетворювачі (АЦП і ЦАП). Їх функціонування тісно пов'язані, зокрема, ЦАП входить до складу АЦП. Тому відрив в часі їх експериментального вивчення не доцільне, одночасно бажано на початку ознайомитись з ЦАП. Належна ефективність досягається організацією виконання чотирьохгодинної роботи фізичного практикуму. Наводимо варіант інструкції і рекомендації до матеріального забезпечення для роботи практикуму: «**Вивчення роботи аналого-цифрового і цифро-аналогового перетворювачів**».

*Мета роботи:* Ознайомитися з принципом роботи аналого-цифрового і цифро-аналогового перетворювачів (АЦП і ЦАП), дослідити точність перетворення аналогового сигналу в цифровий код і навпаки.

*Теоретичні відомості*

При створенні пристроїв автоматики для зв'язку між собою об'єктів, які оперують інформацією в дискретній (цифровій) і неперервній (аналоговій) формах, використовують перетворювачі цифрових сигналів в аналогові (ЦАП) і аналогових сигналів в цифрові (АЦП). ЦАП забезпечує одержання на виході аналогової величини, яка відповідає цифровій кодовій комбінації на вході. Аналогова величина відтворюється для дискретних моментів часу.

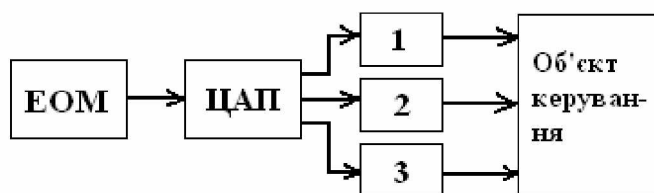


Рис. 1.

Ілюстрація одного з можливих застосувань ЦАП приведена на рис. 1.

Для керування деякими об'єктами в сучасному виробництві все частіше використовують ЕОМ. На виході ЕОМ формується цифровий код, що визначає операції, які повинні виконати деякі допоміжні

пристрої, для впливу на органи керування, забезпечуючи правильне керування об'єктом. На органи керування 1, 2 і 3 (рис. 1) повинні діяти аналогові сигнали. Для їх формування з цифрового коду використовується ЦАП.

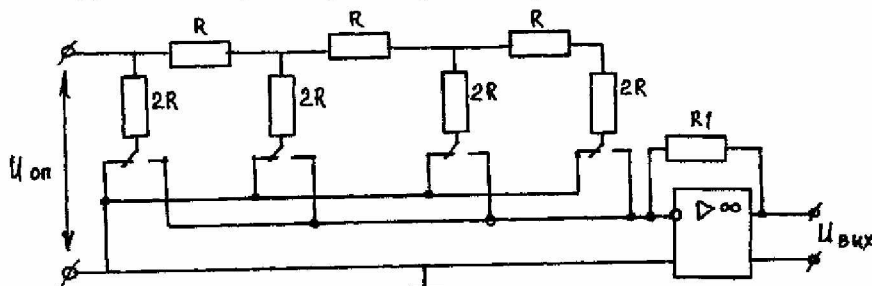


Рис. 2.

Принцип дії ЦАП пояснюється схемою (рис. 2). Основу ЦАП складає сукупність резисторів (матриця). Електронні ключі приєднують резистори опором  $2R$  або до входу операційного підсилювача, або до зовнішньої шини. Всі резистори об'єднані в матрицю типу  $R - 2R$ , що має постійний вхідний опір з боку джерела постійної напруги. Тут створюється також коло зворотного зв'язку, а вихідна напруга визначається виразом:

$$U_{вих} = -U_{оп} \frac{R1}{16R} (Z0 + 2Z1 + 4Z2 + 8Z3).$$

До основних параметрів ЦАП відносяться:

- розрядність, що виражається в бітах і характеризує діапазон зміни вхідної величини;
- похибка коефіцієнта передачі, яка показує різницю між дійсними і протилежними значеннями. Похибка вказується в одиницях значущого молодшого розряду;
- лінійність характеристики - наявність пропорційності між еталоном, що утворює певне значення аналогової величини, і кодом, що відповідає цьому значенню.

У паспортних даних звичайно вказується параметр, протилежний лінійності, тобто нелінійність  $\delta_L$  (або похибка перетворення), що визначається як абсолютне відхилення точок характеристики перетворення від прямої.

У даній лабораторній роботі вивчається цифро-аналоговий перетворювач *K572ПА1*, який являє собою напівпровідникову інтегральну мікросхему ЦАП, призначену для пристроїв перетворення інформації в електронній апаратурі різного призначення та в пристроях вводу - виводу ЕОМ.

#### Опис лабораторної панелі

На лабораторній панелі (рис. 3) розміщені генератор імпульсів *ГІ* і генератор одиночних імпульсів *ГОІ* з відповідними ручкою "Частота" і кнопкою "Пуск". При натисканні на кнопку "Пуск" формується один імпульс. Будь-який з цих генераторів з допомогою перемикача "Ручн. - авт." можна під'єднати до входу лічильника, стан

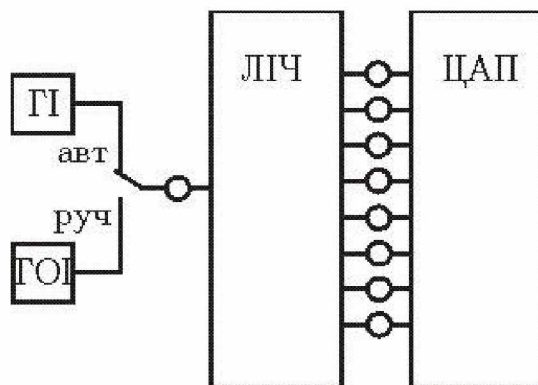


Рис. 3

якого визначається за свіченням світлодіодів. Вихід лічильника під'єднано до входу ЦАП. На виході ЦАП встановлено клема для приєднання вольтметра для вимірювання або  $U_{вих}$ , або  $U_{оп}$ . Крім того до клема  $U_{вих}$  можна приєднати осцилограф. Загальний вигляд модуля наведено на рис. 4.

#### Виконання завдання 1. Дослідження роботи цифро-аналогового перетворювача.

І. У таблиці I для зняття характеристики перетворення ЦАП записати двійкові коди для значень

кількості вхідних імпульсів від 0 до 64 з інтервалом 4 імпульси.

Таблиця 1.

Число Одиничних імпульсів	Двійковий код	Приписане значення вихідної напруги ЦАП	Виміряне значення вихідної напруги, $U_{вих}$	$\Delta U =$ $= U_{пр} - U_{вих}$
0	000000			
4	000100			
8	001000			
⋮	⋮			
63	111111			

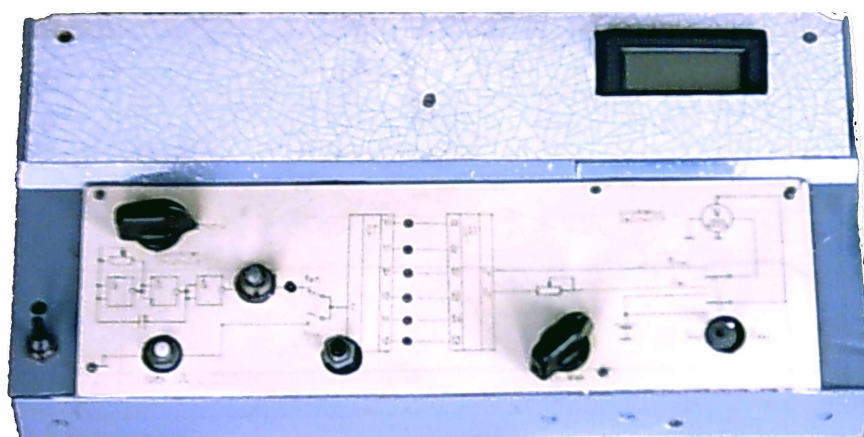


Рис. 4.

2. Приєднати панель до джерела живлення, а цифровий вольтметр – до клеми  $U_{оп}$ . Увімкнути джерело живлення і ручкою "Уст.  $U_{оп}$ " встановити опорну напругу  $U_{оп}=10.00\text{ В}$  і при вимірюваннях перетворення ЦАП  $U_{оп}$  не змінювати.

3. Приєднати цифровий вольтметр до клеми  $U_{вих}$ , перемикач "РУЧН.- АВТ." встановити в положення "РУЧН." Натиснути кнопку "СКИД.", при цьому лічильник встановиться в нульовий стан.

4. Шляхом натискання на кнопку "ПУСК" подавати необхідну кількість імпульсів на лічильник, які з нього передаються на ЦАП. Кількість імпульсів в двійковому коді контролювати за свіченням світлодіодів. Для кожного коду вимірювати відповідну напругу  $U_{вих}$ . Результати занести до таблиці І.

5. Розрахувати приписані значення вихідної напруги ЦАП для відповідних двійкових кодів. Результати розрахунків занести до таблиці.

6. За даними таблиці І побудувати характеристику перетворення ЦАП, тобто залежність вихідної напруги від числа імпульсів на вході  $U_{вих}=f(N)$ . На відповідному графіку нанести пряму, що з'єднує останню точку характеристики з початком координат. Відхилення графіку від прямої є похибкою перетворення ЦАП.

Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) призначені для перетворення вхідної аналогової величини у відповідний їй цифровий код, який є вихідним сигналом перетворювача. Вони можуть забезпечувати квантування вхідної величини як за рівнем, так і за часом.

Об'єкт керування складають датчики, за допомогою яких одержують інформацію про параметри процесів (наприклад, температури, тиску тощо). Ця інформація необхідна для керування об'єктом. Звичайно, на виходах датчиків одержують аналогові величини. Перед вводом в ЕОМ така інформація надходить в АЦП, з якого подається в ЕОМ у сприйнятому для неї коді. Після обробки цифрової інформації ЕОМ видає сигнали керування об'єктам. Крім вказаного застосування АЦП широко використовуються в цифрових вимірювальних приладах.

Алгоритм роботи АЦП являє собою перетворення, внаслідок яких встановлюється відповідність між аналоговою величиною, поданою до входу АЦП, і цифровим кодом, який одержують на виході АЦП. Найчастіше аналоговою величиною є напруга.

Найбільшого поширення перетворення аналогової величини в цифровий (двійковий) код отримав метод зчитування. У цьому методі використовується набір з  $2n-1$  еталонів. Найменший із еталонів дорівнює одному кванту, наступні - двом, - трьом



і т.д. квантам. Вхідна величина одночасно порівнюється з усіма еталонами. Результатом є код у вигляді сигналів на виходах порівнювальних пристроїв.

Окрім ЦАП до складу АЦП входить і компаратор напруги – спеціалізований операційний підсилювач з двома аналоговими входами і цифровим виходом, напруга на якому може набувати лише двох рівнів: низького (логічного 0) і високого (логічної 1). До одного входу компаратора прикладається опорна напруга  $U_{оп}$  (не вища 10 В), до другого – досліджуваний сигнал  $U_d$ . На виході компаратора формується сигнал логічної одиниці, якщо  $(U_d - U_{оп}) > \Delta U$ , і логічний нуль, якщо  $(U_d - U_{оп}) < \Delta U$ .  $\Delta U$  - напруга спрацювання компаратора, яка зазвичай не перевищує 2-5 мВ.

Принцип дії найпоширенішого нині АЦП послідовного типу, в якому використано метод послідовного підрахунку, ілюструється на рис. 5. Генератор імпульсів  $\Gamma$  генерує послідовність імпульсів, яка за допомогою лічильника  $ЛЧ$  перетворюється в двійковий

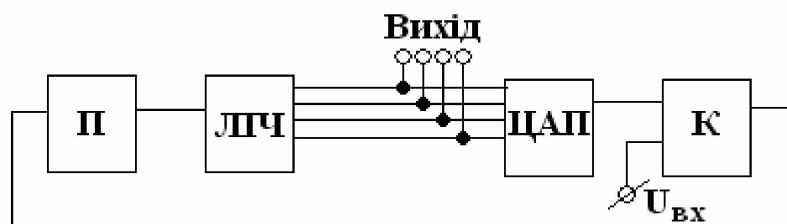


Рис. 5.

код. Цей код керує ключами ЦАП. Вихідна напруга ЦАП підводиться до одного із входів компаратора (порівняльного пристрою)  $K$ , де вона порівнюється з вхідною напругою  $U_{вх}$ , що подається на другий вхід

компаратора. При рівності значень напруги  $U_{вх}$  та  $U_{цап}$  компаратор видає сигнал, що зупиняє роботу генератора імпульсів. При цьому на виході лічильника  $ЛЧ$  фіксується двійковий код, що відповідає напрузі  $U_{вх}$ .

У даній роботі вивчається аналого-цифровий перетворювач  $K1113ПВ1$ , що являє собою напівпровідникову інтегральну мікросхему АЦП, призначену для роботи в електронній апаратурі широкого вжитку. Цей перетворювач виконує функцію АЦП послідовного типу, має внутрішнє джерело опорної напруги  $U_{оп}=10\text{ В}$ , тактовий генератор і компаратор напруги. Вихідний сигнал являє собою десятирозрядний двійковий код. АЦП  $K1113ПВ1$  може працювати як окремий пристрій та разом з ЕОМ. Загальний вигляд модуля АЦП зображено на рис. 6.

### Виконання завдання 2. Дослідження роботи аналого-цифрового перетворювача.

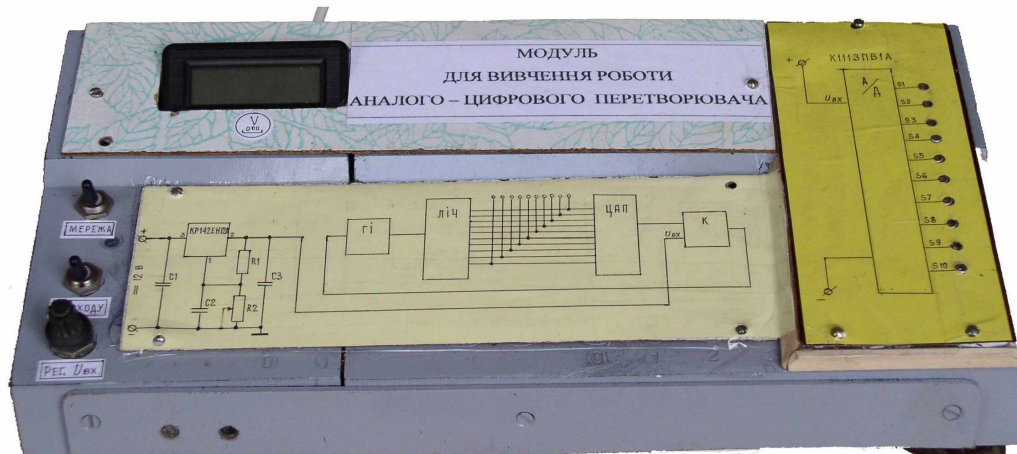


Рис. 6.

1. Приєднати панель з АЦП до джерела живлення. До клеми на пеналі приєднати джерело напруги, яку можна плавно змінювати, та цифровий вольтметр.

2. Увімкнути прилади в мережу і, плавно змінюючи вхідну напругу  $U_{вх}$  АЦП, для кожного значення вихідного коду (вказаного в таблиці 2) відмічати значення вхідної напруги  $U_{вх}$ . Результати вимірювань занести до таблиці 2.

Таблиця 2.

Вхідний двійковий код	Десяткове значення вихідного коду	Виміряна вхідна напруга $U_{вх}, B$	Розрахована вхідна напруга $U_{вх.розр.}, B$	$\Delta U == U_{обч.розр.} - U_{вх}$
000000	0			
000100	4			
001000	8			
001100	12			
010000	16			

Значення вихідного коду контролюється за світлодіодним індикатором: свічення світлодіоду відповідає логічній одиниці "1", а відсутність свічення - логічному нулеві "0".

3. Обчислити значення вхідної напруги  $U_{вх.розр.}$ , яка визначається теоретично на вході АЦП для кожного значення двійкового коду на виході за формулою:

$$U_{вх.розр.} = \frac{U_{on}}{64} (Z_0 + 2Z_1 + 4Z_2 + 8Z_3 + 16Z_4 + 32Z_5),$$

де  $Z_0 \dots Z_5$  - значення розрядів двійкового коду, або одиниці чи нулі відповідно від молодшого до старшого розрядів. Тут чотири молодших розряди вихідного коду не враховуються для спрощення обчислень. Результати обчислень занесіть до таблиці 1.

4. За даними таблиці 1 обчисліть для кожного значення  $U_{вх}$  похибку

$$\Delta U = U_{вх.розр.} - U_{вх}$$

і розрахуйте її середнє арифметичне значення  $\Delta U_{сер.}$ .

Додаткове завдання.

5. Побудуйте графік залежності вихідного коду від вхідної напруги

$$N = f(U_{вх}).$$

З'єднайте на графіку початок координат і останню точку графіка прямою лінією та визначте нелінійність перетворення АЦП.

## БІБЛІОГРАФІЯ

- 1.Вовкотруб В.П. Ергономіка навчального фізичного експерименту. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2005. – 308 с.
- 2.Гуржій А.М., Величко С.П., Жук Ю.О. Фізичний експеримент у загальноосвітньому навчальному закладі (Організація та основи методики): Навчальний посібник. – К.: ІЗМН, 1999. – 303 с.
- 3.Наумчик В.Н., Саржевский А.М. Наглядность в демонстрационном эксперименте по физике: /Эргон. подход./ – Мн.: Изд-во БГУ, 1983.- 96 с.
4. Ямпольский В.С. Основы автоматики и электронно-вычислительной техники. – М.: Просвещение, 1991. – 223 с.

## ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Вовкотруб Віктор Павлович** – професор кафедри фізики та методики її викладання КДПУ ім. В. Винниченка.

*Наукові інтереси:* ергономіка навчального фізичного експерименту.